

研究ノート

カメラを用いた簡易リハビリ装置の開発

浅井 徹*¹、山本光男*²

Development of Simple Rehabilitation Equipment Using Camera

Tohru ASAI*¹ and Mitsuo YAMAMOTO*²Industrial Technology Division,AITEC*¹Research and Development Division,AITEC*²

Webカメラとパソコンを利用した手のリハビリ装置を開発した。カメラにより指曲げ動作を検出し、指曲げのタイミングに応じて楽曲の旋律を進行させた。リハビリ患者は寝た状態でも利用でき、指を曲げるだけの単純な動作だが、楽曲演奏と関連させることにより、楽しみながら利用できる利点がある。指の曲げの判定にはニューラルネットワークを利用し、86%の正解率であった。

1. はじめに

脳血管障害による手のリハビリは、理学療法士、作業療法士による個別対応が主であり、指の曲げ伸ばしや箸、カードといった簡単な道具を用いた訓練など、ある程度動ける状態でないとしリハビリが困難な場合が多い。しかし、機能回復のためには早期にリハビリを開始することが望ましい。そこで、カメラを用いて指の動きを検出し、指の曲げに応じて音を応答として返すことにより、寝た状態でも利用できるリハビリ支援装置を開発した。

2. 装置の構成

2.1 装置の構成

装置は、**図1**に示すように市販のUSBカメラとパソコンにより構成した。カメラの画像から指曲げ動作を認識し、指曲げに応じて楽曲を進行させた。画像処理、音源にはパソコンを用い、画像処理にはOpenCV¹⁾を用いた。楽曲データは、MIDIデータから旋律データのみを抽出し利用した。



図1 装置外観

2.2 手画像認識

カメラ画像から指曲げを認識するためには、背景から手画像を切り出す必要がある。ここでは、比較的明暗の変

化の影響を受けにくい色相を用いた判別を行った。**図2**

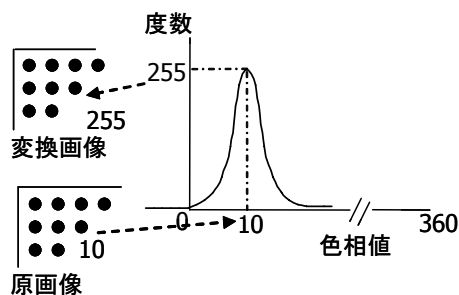
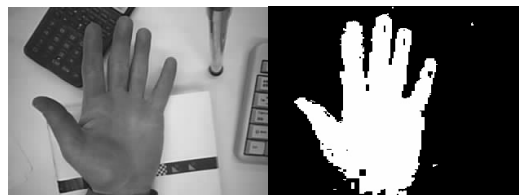


図2 画像変換

2に示すように、手領域の色相のヒストグラムを作り、度数が最大255になるように正規化する。次に、対象画像の全ての画素に対し、ヒストグラムから色相値に対応する度数を求め、その値を新たな画素値として置き換える。得られた画像は、手の色相値に近いものほど大きな値となる。この画像を2値化することにより手画像を切り出すことができる。**図3**に原画、及び手の抽出画像を示す。



原画像

抽出画像

図3 原画及び処理画像

3. 実験及び考察

3.1 指曲げ認識

*1 工業技術部 機械電子室 *2 基盤技術部

指を曲げるにより手画像の外形が変化する。そこで、手画像の輪郭線の変化により指曲げの認識を行った。切り出した手画像の重心を求め、重心から放射状に線を

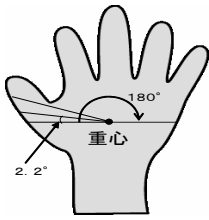


図4 輪郭線までの距離

伸ばし、輪郭線との交点までの距離を計算した。複数の交点を持つ場合は、最も遠方の交点までの距離とした。放射線は図4に示すように 0° から約 2.2° ごとに 180° まで

81本とした。図5は、横軸に角度、縦軸に81本の放射線の輪郭線までの距離(最大値を1に正規化)を表したものである。5本の指を伸ばした状態では、波形に5つのピークが現れる(実線)。指を曲げるにより、対応する指のピークがなくなる

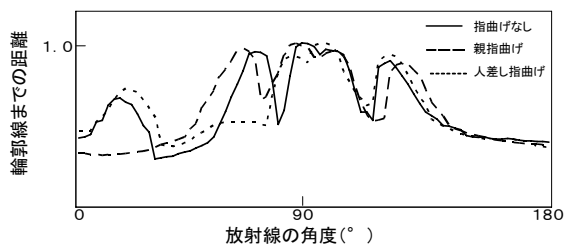


図5 指曲げによる波形の変化

ことが分かる(破線)。指を開き、カメラの正面に手の平を向けた場合には、曲げた指の差異がはっきりと現れるが、手の力を緩めて指を開いた場合やカメラに対し手の平が正面を向いていない場合などは、ピークの位置や大きさが変化し、適当なしきい値を用いて指曲げを識別することは難しい。そこで、ニューラルネットワークを用いて波形形状を学習させることにより、指曲げを判定することとした。判定は、指を曲げない状態から各指を1本だけ曲げた合計6つの状態を識別することとした。構成ニューラルネットワークは入力層が81、中間層40、出力層6とした。学習データ、及び非学習データは、手をしっかり開いた状態から指を曲げたもの、少し力を抜いた状態で、指曲げを行ったもの、左右に 30° 程度手を傾けて同様な指曲げを行ったもので構成した。表1は、学習データを18、36、54、102と増やした場合の非学習

表1 正解率

| 学習データ | 18 | 36 | 54 | 102 |
|--------|----|----|----|-----|
| 正解率(%) | 61 | 75 | 81 | 86 |

データ(データ数36)の正解率を示したものである。学習パターンを増やすことにより、非学習データに対する

判定結果が良くなっていることが分かる。学習データ数102の場合正解率は86%であったが、学習データ数の増加に従って正解率の変化が緩やかになっており、今回検討した方法では、これ以上学習数を増やしても大きな改善は期待できないと思われる。

3.2 旋律演奏

楽曲データは、MIDIデータを用いた。MIDIデータから旋律データのみを識別し、指曲げに応じて発音することとした。この場合、1回の指曲げに対して1音のみの発音を対応させると、8分音符や16分音符などでは速く指曲げを行わないと、旋律がなめらかに繋がらなくなる。そこで、4拍子の曲に対しては1回の指曲げで2拍分、3拍子の曲では3拍分旋律を進行させることとした。図6に処理の流れを示す。発音、消音、音階などの制御はWindowsのAPIを用いた。

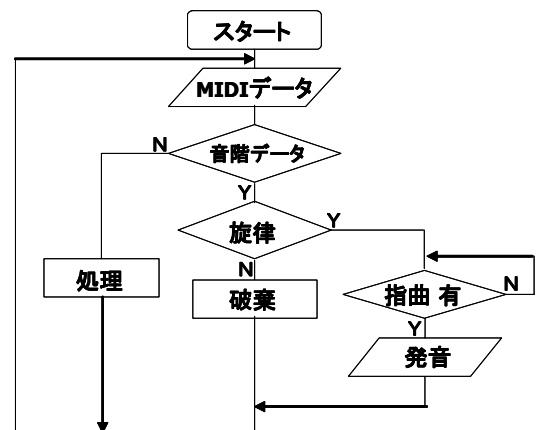


図6 処理の流れ

4. 結び

Webカメラとパソコンを用いたりハビリ装置を開発した。指曲げの動作をカメラから得られる画像を用い、その輪郭線の形状をニューラルネットワークを用いて判定した。その結果、指の曲げの状態、手の開き具合や向きなどによって指曲げを検出できない場合があり、正解率は86%に止まった。照明の改良や手の形状の特徴を考慮した手画像の抽出の検討などにより、明るさや背景の変化、手の向きや指曲げの状態などの変化に対して、より誤認識の少ないシステムに改良することが今後の課題である。

文献

- 1) 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム: OpenCV プログラミングブック (2007)、毎日コミュニケーションズ